



Anleitung CCM-Geräte

Bestimmung des Wassergehaltes mit der Carbid-Methode







Feuchtigkeitsbestimmung
Schnell. Einfach. Zuverlässig.
www.radtke-messtechnik.com

QR- CODES ZU UNSEREN AUSBILDUNGSVIDEOS



Nachstehend finden Sie eine Reihe von QR-Codes welche Ihnen den mobilen Zugriff auf unsere Ausbildungsvideos weisen.
Die hier aufgeführte Liste wird laufend aktualisiert und unterliegt daher ständigen Anpassungen.
Wir können daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit gewähren.





(D) **VOR-ORT-KALIBRIERUNG** (siehe Seite 30 dieser Anleitung)



(E) **ON-SITE-CALIBRATION** (see page 30 of this manual)



(F) **ÉTALONNAGE SUR PLACE** (voir page 30 de ce manuel)

(I) **CALIBRAZIONE SUL LUOGO** (veda pagina 30 del´manuale)



Bevor Sie mit dem CCM-Gerät Messungen durchführen, bitten wir Sie, die Anleitung genau durchzulesen. Bei genauer Befolgung der Hinweise besteht keine Unfallgefahr im Umgang mit den CCM-Geräten. Beachten Sie daher bitte folgende Anwendungshinweise:

Das CCM-Gerät darf nur gemäss der Gebrauchsanweisung verwendet werden.



Der Druck in der CCM-Druckflasche entsteht durch die Bildung von Acetylen. Es bildet sich rasch ein explosionsfähiges Luft-Acetylen Gemisch. Kommt es während einer Messung in Folge von Funkenbildung zur Zündung dieses Gasgemisches hat dies einen Totalschaden am Manometer sowie den Verlust des Messergebnisses zur Folge.

Das entweichende **Gas ist brennbar**:

a) Öffnen Sie die CCM-Druckflasche **nicht in geschlossenen Räumen**.
b) **Rauchen Sie nicht** und arbeiten Sie **nicht in der Nähe von offenem Feuer oder elektrischen Installationen**.
c) Entstandenes **Feuer mit Sand oder mit einer Decke ersticken**, nicht mit Wasser löschen!



Öffnen Sie die CCM-Druckflasche nach einer Messung **vom Gesicht abgewandt** und lassen Sie das **Gas langsam entweichen** ***(Sie haben dadurch weniger Probleme mit dem Manometer, da dessen Mechanik weniger belastet wird)***.

Sie sollten grundsätzlich **keine Proben mit mehr als 1,5 g Wasser verwenden.** Acetylen kann sich ab einem Druck von 1.5 bar (entspricht 1.5 g Wasser) selbst zersetzen. Bei diesem schnell ablaufenden Zersetzungsprozess kann das **Manometer Schaden nehmen.**

Führen Sie **Messungen am CCM-Gerät nur mit den dafür vorgesehenen Materialien** aus. Bei anderen Materialien bitten wir Sie, uns eine Probe zusammen mit einer Beschreibung zuzuschicken, damit wir Sie beraten können. Wir werden Sie gerne unterstützen.

ERSTE HILFE MASSNAHMEN



Bei Hautkontakt: Gut abbürsten, bevor Sie mit viel Wasser spülen.
Bei Augenkontakt: Spülen Sie die Augen mit viel Wasser aus.
Bei Verätzung: Diese treten in der Regel nur auf, wenn anhaftendes Calcium Carbid nicht entfernt wird. Auf jeden Fall Arzt benachrichtigen und ihm das Etikett Ihrer Calcium-Carbid Schachtel vorlegen.

Lättichstrasse 4A, CH-6340 Baar
Telefon +41 41 710 00 32, Fax +41 41 710 13 32
info@cpm-radtke.com, www.radtke-messtechnik.com

Version: 1.83 Druck 03/2015



VORWORT

Unsere CCM-Geräte sind ideale Feuchtigkeits-Messgeräte zur Schnellbestimmung der Feuchtigkeit von Materialien, die selbst nicht mit Calcium Carbid oder dessen Reaktionsprodukten reagieren.



Wie bei allen Messmethoden, denen eine **chemische Reaktion** zu Grunde liegt, wird auch hier besondere Sorgfalt verlangt. Bitte studieren Sie die vorliegende Gebrauchsanweisung vor der Inbetriebnahme und beachten Sie insbesondere die Sicherheitshinweise.

Personen, die mit der Gebrauchsanweisung nicht vertraut sind, dürfen das Messgerät nicht einsetzen.

GARANTIE

Dr. Radtke CPM Chemisch-Physikalische Messtechnik AG gewährt Ihnen auf defekte Teile sowie mangelhaft gefertigte Produkte, abgesehen vom Verbrauchsmaterial, ab Kaufdatum 1 Jahr Garantie.

Wichtig!
Bitte bewahren Sie die Gebrauchsanweisung sorgfältig auf.

Ersatzteile können bei Ihrem Händler oder direkt auf unserer Webseite bestellt werden. Die aktuelle Version der Anleitung sowie ergänzende Informationen zur Interpretation von Messergebnissen finden Sie auch auf unserer Webseite resp. werden von uns immer wieder aktualisiert.

VERWENDUNG DER BEDIENUNGSANLEITUNG

Die in dieser Bedienungsanleitung vermittelten Informationen liefern Angaben zu den Bestandteilen sowie deren Eigenschaften. Die Bedienungsanleitung enthält zudem Grundlagen zu den Messmethoden Carbid-Methode und Trockenschrankmethode, einen Vergleich zwischen beiden Methoden sowie Informationen zur besonderen Messprozeduren, die sich aus unterschiedlichen Messfragen ergeben.

Fett gedruckter und unterstrichener Text ist besonders zu beachten.

Der sachgemässe Einsatz und die Anwendung anhand der Bedienungsanleitung ist für die Produkthaftung und Produktgewährleistung bindend. Eigene Reparaturversuche setzen die Garantieansprüche ausser Kraft.


RADTKE
MESSTECHNIK



Die in dieser Anleitung beschriebenen Komponenten liegen nicht allen Geräteversionen bei. Je nach Ausstattungsoption sind unterschiedlichen Komponenten verfügbar.

Die nachstehende Tabelle sowie die Bestandsteillisten gibt Ihnen einen schnellen Überblick über die verfügbaren Ausstattungsoptionen unserer CCM-Geräte.

SWISS MADE — Geräteversionen / Geräteoptionen	Alu CLASSIC	Alu CLASSIC dig	Alu Business	Alu Business Pro	CLASSIC	CLASSIC dig	Business	Business Pro	Eco	Eco dig	Eco dig dig	Eco longbo	Eco longbo dig	Eco longbo dig dig
Geeichte Druckflasche														
Oberflächenthermometer	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Messbereich bis 10 M-%/20g	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Messbereich bis 20 M-%/20g												●	●	●
Druckmessung														
Dämpfung nach EN 837-2	●	●	●	●	●	●	●	●			●			●
Manometer Business (3.0bar)			●	●			●	●			●			●
Manometer CLASSIC (2.5bar)	●	●			●	●								
Manometer ECO (1.6bar)									●	●		●	●	
Probenwägung														
Digitalwaage bis 200g		●	●	●		●	●	●		●	●		●	●
Federwaage bis 100g	●				●				●			●		
Messwertprotokollierung														
Protokollvorlage	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Protokolldrucker				●				●						
Datenspeicherung mit PC (Bedingt Business; optional)			●	●			●	●			●			●
Messzeiterfassung														
Manometer Business			●	●			●	●			●			●
Timer/Stoppuhr	●	●			●	●								
Materialklima (KLF)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●



Geeichte Druckflaschen	Lange Druckflasche **(bis 20 M-% bei 20g Probe)**	
	Standard Druckflasche (bis 10 M-% bei 20g Probe)	
	Kleine Druckflasche **(bis 5 M-% bei 20g Probe)**	
	Oberflächenthermometer zur Überwachung der Flaschentemperatur; Messbereich: 7°C bis 33°C.	
Druckmessung	**gedämpfte Manometermontage nach EN 837-2** für alle Versionen ausser für CCM Set ECO und Eco dig	
	Manometer Business (max 3 bar) mit Messwertspeicherung: Druck und Messdauer; Kl.0.1.	
	Manometer CLASSIC (max 2.5 bar) gedämpfter Rohrfeder aus hochwertiger Bronze; Kl.1.0.	
	Manometer ECO (max 1.6 bar) mit Standardverschraubung am Deckel; Kl.1.6.	
Probenwägung	**präzise digitale Probenwaage** mit Kalibriergewicht 100g zur Kundenkalibrierung.	
	sehr robuste mechanische Probenwaage mit Kontrollgewicht 50g.	



Gerätekoffer	leichter schwarzer Gerätekoffer im Alulook.	
	robuster blauer Gerätekoffer aus Metall.	
	preisgünstiger Gerätekoffer aus Kunststoff	
Prüfgutentnahme	Klassisch mit Hammer und Meissel	
	Optional: EINFACHER mit **Akku Meissel** und weiterem Zubehör	
	Optional : EINFACHER mit **elektrischem Meissel** für lange Einsätze	
Prüfgutzerkleinerung/ Prüfguthomogenisierung	Klassisch mit der **Zerkleinerungsschale**	
	Optional: Sicherer im **Prüfgutbeutel ideal zur Homogenisierung**	
Carbidampullen	Set mit **25 Ampullen** bietet grosse Mess-Autonomie. **Geeignet für die Bestimmung der Belegereife. Interne Qualitätssicherung**	
Vor Ort Geräteprüfung	Mit den **Kalibrierampullen** bestätigen Sie unkompliziert die Funktionsweise jedes CCM-Gerätes.	**3x**



Messzeiterfassung	**Timer/ Stoppuhr** zum Festhalten der Reaktionsdauer; bei CLASSIC Version; Zur Bestimmung der Belegereife unabdingbar.
	Die Messzeiterfassung beginnt beim **Manometer Business automatisch** mit dem Start der chemischen Reaktion.
Messwertprotokollierung	**Optional:** Protokolldrucker mit persönlichem Protokollkopf und Logo.
	Optional: Messerwerterfassung via PC mit Windows setzt Manometer Business voraus.
	Standard Protokollierung von Hand: Protokollvorlage online und in dieser Anleitung.
Gleichgewichtsfeuchte	**Nachrüstset Gleichgewichtsfeuchte:** patentiertes Zubehör CCM Hygro Combi zur Bestimmung der Gleichgewichtsfeuchte (% r.F.)
CPM-Monitor 18/30 zur zerstörungsfreien Leitungsortung	**Optional: Schnelle Leitungsortung** bei frisch eingeschalteter Heizung für 3 Temperaturbereiche. Mit Fussbodenthermometer
Kapazitiver Feuchte Indikator	**Optional:** Zerstörungsfreie Ortung von Feuchtenester in oberflächennahen Bereichen.



CCM Set ECO Art-Nr. 110060

1 Fäustel 1000g
2 Flachmeissel zur Probenahme
3 Probenlöffel kurz
4 Reinigungsbürste
5 Mechanische Probenwaage bis 100g
6 Kugelsatz mit 4 Stahlkugeln
7 Zerkleinerungsschale für porige Proben (optional 20 Plastikbeutel)
8 2 Probenbecher mit Deckel
9 Set Kleinmaterial mit Dichtungen und Kalibrierampullen

J 25-er Set Carbid-Ampullen
K Geeichte Standard Druckflasche mit Oberflächenthermometer (nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG)
L Waagstange für Präzisionsfederwaage
M Manometer ECO bis 1.6bar mit Deckel
N Doppelwandiger Kunststoffkoffer mit Einlage

Gesamtgewicht: 7.13 kg

CCM Set ECO dig Art-Nr. 110061

1 Fäustel 1000g
2 Flachmeissel zur Probenahme
3 Probenlöffel kurz
4 Reinigungsbürste
5 Digitale Probenwaage bis 200g *
6 Kugelsatz mit 4 Stahlkugeln
7 Zerkleinerungsschale für porige Proben (optional 20 Plastikbeutel)
8 2 Probenbecher mit Deckel
9 Set Kleinmaterial dig mit Dichtungen, Batterien und Kalibrierampullen

J 25-er Set Carbid-Ampullen
K Geeichte Standard Druckflasche mit Oberflächenthermometer (nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG)
M Manometer ECO bis 1.6bar mit Deckel
N Doppelwandiger Kunststoffkoffer mit Einlage

Gesamtgewicht: 7.17 kg
* Modell kann von Darstellung abweichen.

CCM Set ECO dig dig Art-Nr. 110062

1 Fäustel 1000g
2 Flachmeissel zur Probenahme
3 Probenlöffel lang
4 Reinigungsbürste
5 Digitale Probenwaage bis 200g *
6 Kugelsatz mit 4 Stahlkugeln
7 Zerkleinerungsschale für porige Proben (optional 20 Plastikbeutel)
8 2 Probenbecher mit Deckel
9 Set Kleinmaterial Business mit Dichtungen, Batterien und Kalibrierampullen

J 25-er Set Carbid-Ampullen
K Geeichte Standard Druckflasche mit Oberflächenthermometer (nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG)
M Manometer Business bis 3.0bar mit gedämpften Deckel nach EN 837-2
N Doppelwandiger Kunststoffkoffer mit Einlage

Gesamtgewicht: 7.23kg
* Modell kann von Darstellung abweichen.



CCM Set ECO **Art-Nr. 110060**



CCM Set ECO dig **Art-Nr. 110061**



CCM Set ECO dig dig **Art-Nr. 110062**





CCM-Gerät Alu CLASSIC Art-Nr. 110004

1 Fäustel 1000g und Schlosserhammer
2 Flachmeissel zur Probenahme
3 Probenlöffel kurz
4 Reinigungsbürste
5 Mechanische Probenwaage bis 100g
6 Kugelsatz mit 4 Stahlkugeln
7 Zerkleinerungsschale für porige Proben (optional 20 Plastikbeutel)
8 2 Probenbecher mit Deckel
9 Set Kleinmaterial mit Dichtungen und Kalibrierampullen

J 25-er Set Carbid-Ampullen
K Geeichte Standard Druckflasche mit Oberflächenthermometer (nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG)
L Waagstange für Präzisionsfederwaage
M Manometer CLASSIC bis 2.5bar mit gedämpften Deckel nach EN 837-2
N Gerätekoffer im Alulook
O Stoppuhr/ Timer (ohne Darstellung)

Gesamtgewicht: 8.18 kg

CCM-Gerät Alu CLASSIC dig Art-Nr. 110005

1 Fäustel 1000g und Schlosserhammer
2 Flachmeissel zur Probenahme
3 Probenlöffel kurz
4 Reinigungsbürste
5 Digitale Probenwaage bis 200g*
6 Kugelsatz mit 4 Stahlkugeln
7 Zerkleinerungsschale für porige Proben (optional 20 Plastikbeutel)
8 2 Probenbecher mit Deckel
9 Set Kleinmaterial dig mit Dichtungen, Batterien und Kalibrierampullen

J 25-er Set Carbid-Ampullen
K Geeichte Standard Druckflasche mit Oberflächenthermometer (nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG)
M Manometer CLASSIC bis 2.5bar mit gedämpften Deckel nach EN 837-2
N Gerätekoffer im Alulook
O Stoppuhr/ Timer (ohne Darstellung)

Gesamtgewicht: 8.27 kg
* Modell kann von Darstellung abweichen.

CCM-Gerät Alu Business Art-Nr. 110007

1 Fäustel 1000g und Schlosserhammer
2 Flachmeissel zur Probenahme
3 Probenlöffel lang
4 Reinigungsbürste
5 Digitale Probenwaage bis 200g*
6 Kugelsatz mit 4 Stahlkugeln
7 Zerkleinerungsschale für porige Proben (optional 20 Plastikbeutel)
8 2 Probenbecher mit Deckel
9 Set Kleinmaterial Business mit Dichtungen, Batterien und Kalibrierampullen

J 25-er Set Carbid-Ampullen
K Geeichte Standard Druckflasche mit Oberflächenthermometer (nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG)
M Manometer Business bis 3.0bar mit gedämpften Deckel nach EN 837-2
N Gerätekoffer im Alulook

Gesamtgewicht: 8.36 kg
* Modell kann von Darstellung abweichen.



CCM-Gerät Alu CLASSIC Art-Nr. 110004



CCM-Gerät Alu CLASSIC dig Art-Nr. 110005



CCM-Gerät Alu Business Art-Nr. 110007





CCM-Gerät CLASSIC Art-Nr. 110000

1 Fäustel 1000g und Schlosserhammer
2 Flachmeissel zur Probenahme
3 Probenlöffel kurz
4 Reinigungsbürste
5 Mechanische Probenwaage bis 100g
6 Kugelsatz mit 4 Stahlkugeln
7 Zerkleinerungsschale für porige Proben (optional 20 Plastikbeutel)
8 2 Probenbecher mit Deckel
9 Set Kleinmaterial mit Dichtungen und Kalibrierampullen

J 25-er Set Carbid-Ampullen
K Geeichte Standard Druckflasche mit Oberflächenthermometer (nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG)
L Waagstange für Präzisionsfederwaage
M Manometer CLASSIC bis 2.5bar mit gedämpften Deckel nach EN 837-2
N Gerätekoffer aus Stahlblech
O Stoppuhr/ Timer (ohne Darstellung)

Gesamtgewicht: 10.78 kg

CCM-Gerät CLASSIC dig Art-Nr. 113100

1 Fäustel 1000g und Schlosserhammer
2 Flachmeissel zur Probenahme
3 Probenlöffel kurz
4 Reinigungsbürste
5 Digitale Probenwaage bis 200g *
6 Kugelsatz mit 4 Stahlkugeln
7 Zerkleinerungsschale für porige Proben (optional 20 Plastikbeutel)
8 2 Probenbecher mit Deckel
9 Set Kleinmaterial dig mit Dichtungen, Batterien und Kalibrierampullen

J 25-er Set Carbid-Ampullen
K Geeichte Standard Druckflasche mit Oberflächenthermometer (nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG)
M Manometer CLASSIC bis 2.5bar mit gedämpften Deckel nach EN 837-2
N Gerätekoffer aus Stahlblech
O Stoppuhr/ Timer (ohne Darstellung)

Gesamtgewicht: 11.04 kg

* Modell kann von Darstellung abweichen.

CCM-Gerät Business Art-Nr. 110021

1 Fäustel 1000g und Schlosserhammer
2 Flachmeissel zur Probenahme
3 Probenlöffel lang
4 Reinigungsbürste
5 Digitale Probenwaage bis 200g *
6 Kugelsatz mit 4 Stahlkugeln
7 Zerkleinerungsschale für porige Proben (optional 20 Plastikbeutel)
8 2 Probenbecher mit Deckel
9 Set Kleinmaterial Business mit Dichtungen, Batterien und Kalibrierampullen

J 25-er Set Carbid-Ampullen
K Geeichte Standard Druckflasche mit Oberflächenthermometer (nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG)
M Manometer Business bis 3.0bar mit gedämpften Deckel nach EN 837-2
N Gerätekoffer aus Stahlblech

Gesamtgewicht: 11.13 kg

* Modell kann von Darstellung abweichen.



CCM-Gerät CLASSIC **Art-Nr. 110000**

CCM-Gerät CLASSIC dig **Art-Nr. 113100**



CCM-Gerät Business **Art-Nr. 110021**





Geeichte Druckflasche

Sämtliche unserer heutigen Druckflaschen erfüllen die Anforderungen der Richtlinie für Druckgeräte 97/23 EG. Sie sind aus hochwertigem, rostfreiem Stahl in der Schweiz hergestellt und werden nach firmeninternen Standards geeicht. Jede einzelne Druckflasche ist mit einer entsprechenden Eichnummer versehen. An jeder Druckflasche ist zur Ablesung der Flaschentemperatur ein Oberflächenthermometer angebracht.



Oberflächenthermometer

Das Oberflächenthermometer weist 9 Temperaturfelder auf. Jedes Feld deckt einen Temperaturbereich von 3°C ab und kann Temperaturen zwischen 7°C und 33°C anzeigen.
Jedes Temperaturfeld ändert seine Farbe mit steigender Temperatur von: Schwarz-Braun-Grün-Blau-Schwarz.
Jedes Feld ist mit einer Zahl gekennzeichnet. Diese Zahl entspricht der Temperatur, wenn das Feld grün ist.
Die anderen Temperaturen leiten sich daraus ab:
Ist die Temperatur 1°C niedriger als die abgebildete Zahl so ist das Feld braun. Ist sie 1°C höher so ist das Feld blau.



Kugelsatz

Der beigefügte Kugelsatz enthält 4 Stahlkugeln mit definiertem Durchmesser. Mit diesen Kugeln ist das freie Volumen der Druckflasche geeicht und daneben erfüllen sie noch weitere vier wichtige Aufgaben:

Starteffekt:	Zertrümmerung der Carbidampulle
Mahleffekt:	Zerkleinerung des Probenmaterials sowie des Calciumcarbids
Mischeffekt:	Durchmischung des Reaktionsgemisches
Reinigungseffekt:	Freihalten der Carbidoberfläche vom Reaktionsprodukt Calciumhydroxid

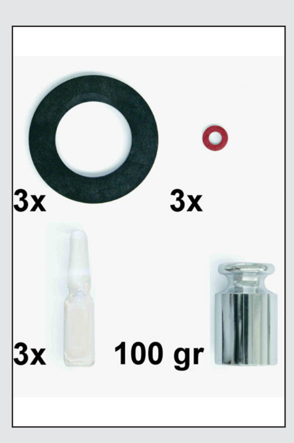




Set Kleinmaterial

Im Set Kleinmaterial finden sich Ersatzdichtungen für das Manometer und die Druckflasche, ein 3-er Set mit Kalibrierampullen, welche 1.0g Wasser für die **Vor-Ort Kalibrierung** enthalten sowie ein Kontrollgewicht 50g.
Zur Verwendung der Prüfampullen verweisen wir auf Seite 26 dieser Anleitung oder auf unser Kurzvideo auf unserer Webseite.

Die roten Dichtungen des Manometers sind sogenannte Quetschdichtungen, die durch das Anziehen der Verschraubung gequetscht werden und durch diese Quetschung abdichten. Eine solche Dichtung kann in der Regel nur einmal verwendet werden.



Set Kleinmaterial dig

Im Set Kleinmaterial dig finden sich Ersatzdichtungen für das Manometer und die Druckflasche, ein 3-er Set mit Kalibrierampullen, welche 1.0g Wasser für die **Vor-Ort Kalibrierung** enthalten sowie ein Kontrollgewicht 100g.
Zur Verwendung der Prüfampullen verweisen wir auf Seite 26 dieser Anleitung oder auf unser Kurzvideo auf unserer Webseite.

Die roten Dichtungen des Manometers sind sogenannte Quetschdichtungen, die durch das Anziehen der Verschraubung gequetscht werden und durch diese Quetschung abdichten. Eine solche Dichtung kann in der Regel nur einmal verwendet werden.



Set Kleinmaterial Business

Im Set Kleinmaterial Business finden sich Ersatzdichtungen für die Druckflasche, ein 3-er Set mit Kalibrierampullen, welche 1.0g Wasser für die **Vor-Ort Kalibrierung** enthalten, eine Ersatzbatterie für das Manometer BUSINESS sowie ein Kontrollgewicht 100g.
Zur Verwendung der Prüfampullen verweisen wir auf Seite 26 dieser Anleitung oder auf unser Kurzvideo auf unserer Webseite.





Manometer ECO

Das Manometer ECO hat neben der schwarzen Skala für den Druck 3 farbige Hilfsskalen für Probeneinwaagen von 20 g (Rot), 50 g (Grün) oder 100 g (Blau). Mit diesen Hilfsskalen kann die **Feuchtigkeit direkt in «M-%» abgelesen** werden.
Die Hilfsskalen wurden bei einer Temperatur von 20 °C bestimmt und sind dann am genauesten, wenn die **Start- und die Endtemperatur** einer Messung dieser Temperatur entspricht.



Manometer CLASSIC

Das Manometer CLASSIC ist auf den gedämpften Deckel nach der Richtlinie EN 837-2 montiert.
Mit seinem **grösseren Druckbereich** bietet es bei gleicher Genauigkeit wie das Manometer ECO mehr Sicherheit bei unerwartetem Überdruck und ist zudem durch die **Gummischutzkappe** besser geschützt.
Es verfügt ebenfalls neben der schwarzen Skala für den Druck 3 farbige Hilfsskalen für Probeneinwaagen von 20 g (Rot), 50 g (Grün) oder 100 g (Blau). Mit diesen Hilfsskalen kann die Feuchtigkeit direkt in «M-%» abgelesen werden.
Die Hilfsskalen wurden bei einer Temperatur von 20° C bestimmt und sind dann am genauesten, wenn die **Start- und die Endtemperatur** einer Messung dieser Temperatur entspricht.



Manometer Business

Das digitale Manometer Business ist auf den gedämpften Deckel nach der Richtlinie EN 837-2 montiert. Es ist für standardmässig für Einwaagen von 10, 20, 50 sowie 100g ausgelegt. Mit seinem grossen Druckbereich bis 3 bar ist es sehr gut geschützt gegen Überdruck. Zusätzlich ist das Manometer mit einer Gummischutzkappe ausgestattet, welche dieses vor Schmutz und Feuchtigkeit von Aussen schützt. Über den Datenausgang (rechts) kann optional ein Drucker oder ein Messwerterfassungsprogramm angeschlossen werden.

Bedienung des Manometers
2 Bedienelemente: Tasten «**Menu**» und «**Enter**»



Nach dem **Einschalten**, über eine der beiden Tasten, zeigt das Manometer den letzten Messwert an. Durch Drücken der Taste «Enter» wird die Dauer der letzten Messung angezeigt.

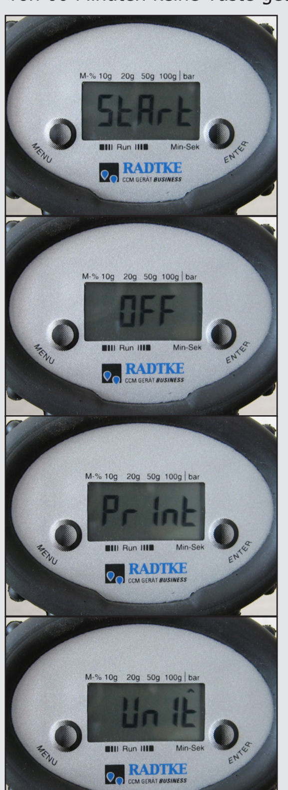
Um sich durch die **Menubefehle des Manometers** zu bewegen, haben Sie an jeder Stelle **drei Bedienvarianten**:

1) Nichts tun: Ein angezeigter Befehl wird während 7 Sekunden angezeigt. Wird während dieser Zeit keine weitere Taste gedrückt, kehrt das Manometer in seine Ausgangsposition zurück.

2) Taste «Menu» drücken: Der von dieser Position aus nächste mögliche Befehl wird angezeigt.

3) Taste «Enter» drücken: Der angezeigte Befehl wird bestätigt und damit ausgeführt.

Weitere grundsätzliche Hinweise:
Während einer **laufenden Messung** blinken am unteren linken Bildschirmrand 3 Haken. In dieser Phase kann die Einheit des angezeigten Messwertes nicht geändert werden.
Die Messdauer beträgt üblicherweise 10 Minuten. Eine laufende Messung kann mit dem **STOP**-Befehl vorzeitig beendet werden.
Der letzte Messwert bleibt auch nach einem Batteriewechsel gespeichert. Wird während der Dauer von 60 Minuten keine Taste gedrückt schaltet sich das Manometer selbständig aus.



Nach Bestätigung des Start-Befehls mit der «Enter» Taste:
Das Manometer schaltet sich in den **Messmodus** und setzt den Nullpunkt beim aktuell herrschenden Umgebungsdruck. Es wartet nun 5 Minuten auf den Beginn der Reaktion. Wird während dieser Zeit ein Druckanstieg festgestellt, beginnt der definitive Messzyklus. Wenn kein Druckanstieg festgestellt wird, geht das Manometer wieder in die Ausgangsposition zurück.
Durch Anwahl des **STOP**-Befehls über die «Menu» Taste und Bestätigung mit der «Enter» Taste kann das Manometer vorzeitig in die Ausgangsposition zurück gesetzt werden.

Nach Bestätigung des OFF-Befehls mit der «Enter» Taste wird das Manometer ausgeschaltet.

Nach Bestätigung des Print-Befehls mit der «Enter» Taste schickt das Manometer die gespeicherten Messdaten über die Schnittstelle (Metallabdeckung) an den Protokolldrucker (Nachrüstset Protokolldrucker Art-Nr. 110024).

Nach Bestätigung des Unit-Befehls mit der «Enter» Taste gibt das Manometer den Messwert als **Druck [bar]** oder als **Feuchtigkeit [M-%]** aus. Die Einheiten **Feuchtigkeit [M-%]** beziehen sich auf eine Probemenge: **100g**, **50g**, **20g** oder **10g** (entsprechend dem Haken auf der oberen Anzeigenkante).
Auf unserer Webseite finden Sie weiterführende Informationen und Videos.





Probenbecher

Die beiden Probenbecher (8) werden mit einem verschliessbaren Deckel geliefert. Probenmaterial lässt sich mit dem Probenlöffel oder einem anderen geeigneten Hilfsmittel einfach einfül-len. Feuchte wie auch feuchtwarme Proben können darin für eine begrenzte Zeit bequem und sicher vor der Austrocknung geschützt werden. Bildet sich nachdem Abkühlen einer feucht-warmen Probe Kondensat am Becher Innenrand, so lässt sich dieses durch Aufschütteln der Probe leicht wieder mit der Probe vermischen.

Die Probenbecher haben ein Volumen von 70 ml und können damit körniges Probenmaterial bis 100 g aufnehmen (relative Dichte grösser als 2).



Robuste mechanische Probenwaage

Die Präzisionsfederwaage (kurz: Waage) wird in einer transpa-renten Kunststoffschutzverpackung geliefert. Die Waage erlaubt das Einwiegen von Probenmengen bis 100 g wobei das Gewicht des Probenbechers neutralisiert werden kann. Die Skala lässt sich durch Drehen des Bügels einfach gegen Vorne ausrichten. (Bild links)



Vorbereiten:
Waage aus Schutzverpackung entnehmen, Feder auf ihre freie Beweglichkeit prüfen. Waagestange (L) an einer geeigneten Stelle in den Schaumstoff drücken (Bild unten). Waage daran aufhängen.

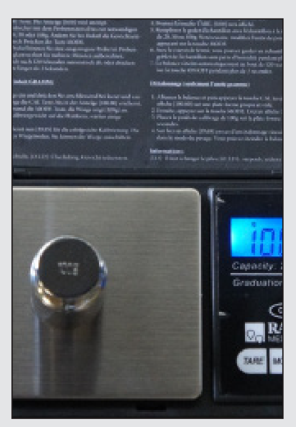


Tarieren/ Ablesen:
Leeren und sauberen Probenbecher anbringen. Nullpunkt durch Drehen der weissen Tarierschraube (schwarzer Kreis) justieren. Die Augen müssen sich dabei auf der Höhe der Skala befinden, um Ablesefehler zu minimieren.

Vor Ort Kontrolle:
Zur Kontrolle der Waage steht ein 50 g Kalibriergewicht zur Verfügung, welches eine maximale Abweichung von ± 10mg (M2) hat. Dazu ist die Waage mit dem Becher frei beweglich aufzuhängen und zu tarieren. Anschliessend wird das Gewicht in den Becher gebracht und die Waage abgelesen.









Präzise digitale Probenwaage

Stellen Sie vor dem ersten Gebrauch sicher, dass die Batterien korrekt eingelegt sind.

1. Stellen Sie die Waage auf eine horizontale Fläche und drücken Sie die ON/OFF Taste.
2. Warten Sie einige Sekunden, bis die Anzeige [0.00] anzeigt.
3. Stellen Sie den sauberen leeren Probenbecher auf die Plattform.
4. Drücken Sie die TARE Taste. Die Anzeige [0.00] wird anzeigt.
5. Füllen Sie den Probenbecher mit dem Probenmaterial bis zur notwendigen Probenmenge von 20, 50 oder 100g. Ändern Sie bei Bedarf die Gewichtseinheit auf GRAMM durch Drücken der Taste MODE.
6. Mit geschlossenem Deckel können Sie eine ausgewogene Probe im Probenbecher ohne Feuchtigkeitsverlust für mehrere Minuten aufbewahren.
7. Die Waage schaltet sich nach 120 Sekunden automatisch ab, oder drücken Sie die ON/OFF Taste länger als 3 Sekunden.

Tarierung:
1. Bei eingeschalteter Waage, das zu tarierende Gefäss auf die Plattform legen.
2. Auf TARE drücken und warten bis [0.00] angezeigt wird.
3. Das Wiegegut zufügen und dessen Gewicht direkt ablesen.

Kalibrierung (nur in Einheit GRAMM):
1. Schalten Sie die Waage ein und drücken Sie anschliessend bei leerer und sauberer Plattform solange die CAL Taste, bis in der Anzeige [CAL] erscheint.
2. Drücken Sie nun erneut die CAL Taste. Die Anzeige [CAL] blinkt und wechselt dann auf [100.00].
3. Legen Sie das 100g Kalibriergewicht auf die Plattform, warten einige Sekunden.
4. Auf der Anzeige erscheint nun [PASS] für die erfolgreiche Kalibrierung. Die Waage wechselt in den Wiegemodus. Sie können die Waage ausschalten.

Zusätzliche Hinweise:
[LO]: Niedrige Batteriespannung, bitte die Batterien austauschen
[O-LD]: Überlast, Beladung reduzieren





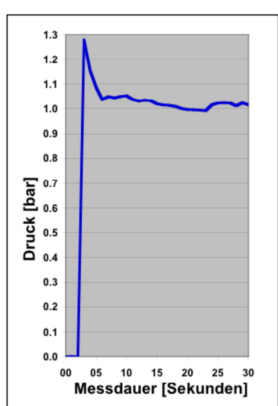
DIE REAKTION

Bei der Carbid-Methode handelt es sich um eine heterogene Reaktion an der ein Festkörper (Carbid) und ein in beliebiger Zustand (fest, flüssig aber auch gasförmig) vorliegender weiterer Stoff (Wasser) beteiligt sind. Wasser kann als rein (Kalibrierampulle) oder als Teil eines anderen Stoffes (Schüttgut) vorliegen.

Die nachstehende Gleichung beschreibt die Reaktion:

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2 \quad \Delta H: -123.6\ kJ/mol$$

Calciumcarbid + Wasser *Calciumhydroxid + Acetylen*



MESSPRINZIP

Calciumcarbid reagiert mit Wasser und bildet dabei gasförmiges Acetylen und festes Calciumhydroxid. Je verbrauchtes Molekül Wasser wird immer gleichviel Acetylen gebildet, wodurch sich diese Reaktion hervorragend zur Bestimmung einer Wassermenge eignet.
Einschränkung: Da Calciumcarbid auch mit Methanol entsprechende Reaktionen eingeht, darf eine Probe nicht gleichzeitig Wasser und Methanol enthalten.

FAKTEN ZUR REAKTION

1. Die Reaktion findet **auf der Oberfläche von Calciumcarbid** statt. (Bild oben)

2. Die beiden Reaktionspartner müssen **sich berühren** können. **Hinweis** aus unserer Qualitätssicherung (Bild oben): Solange die Carbidampullen dicht sind, sind sie zeitlich unbeschränkt lagerfähig.



3. Die **Intensität des Kontaktes** zwischen den Reaktionspartners sowie **die Konzentration der Reaktionspartner** ist **wesentlich für die Geschwindigkeit des Druckanstiegs**. Bei intensivem und direktem Kontakt zwischen Calciumcarbid und Wasser (flüssig und fest gleich hohe Konzentration) erfolgt die **Reaktion sehr schnell und heftig**. Wird (Bild Mitte) eine Kalibrierampulle mit feinem Carbid zur Reaktion gebracht erfolgt der **Druckanstieg innert Bruchteilen von Sekunden**. Die auftretende Wärmeentwicklung wird durch den überhöhten Druckanstieg gut sichtbar.





Bei **geringer Konzentration von Wasser auf der Oberfläche von Carbid** weil die Intensität der Durchmischung z.B. gering ist (stehende Druckflasche) oder Wasser nur über die Gasphase mit Carbid in Kontakt treten kann erfolgt der **Druckanstieg zum Teil erheblich langsamer**. **Die Geschwindigkeit des Druckanstiegs wird sofort durch Transportprozesse eingeschränkt** (gesättigte Luft bei 20°C enthält 17.28mg/lt Wasser, Partialdruck von Wasser: 23.1mbar das entspricht ca. 2 Vol-%).

4. **Wasser wird durch die Reaktion mit Carbid verbraucht,** eine **Probe bei entsprechendem Überschuss an Carbid getrocknet**. (Bilder links): Eine Apfelscheibe und Carbid unter dem Glasdeckel am Anfang und nach 47 Stunden.

5. Der **Endpunkt der Reaktion wird durch das sogeannte Reaktionsgleichgewicht bestimmt**: Entweder wird fast alles Carbid oder fast alles Wasser verbraucht. «Fast alles» steht im wissenschaftlichen Sinne: Es verbleibt bei jeder Reaktion immer ein kleiner Rest der Ausgangsmaterialien in einem geschlossenen System (verschlossene Druckflasche). Bei dieser Reaktion stellt sich bei einem Überschuss an Carbid im Reaktionsgleichgewicht ein **Restpartialdruck von Wasser von 1.87×10^{-10}mbar ein**.

   Dies ist ein enorm trockener Zustand! Im Vergleich dazu ist -100°C kalte gesättigte Luft 10´000 mal feuchter!

MESSGRÖSSE: DRUCK

Das gebildete Acetylen entspricht der **Stoffmenge „Δn“,** um die sich die Anzahl Moleküle in der Gasphase eines geschlossenen Systems erhöht.

Die gebildete Menge Acetylen lässt sich **durch Messung des Drucks** leicht bestimmen.

Gasgesetz: $\Delta p \times V = \Delta n \times R \times T \quad \Rightarrow \quad \Delta p = \Delta n * K$

wobei:

Δp	Druckzunahme in der Flasche
V	Flaschenvolumen
Δn	gebildete Stoffmenge in der Flasche
R	Gaskonstante
T	Temperatur in der Flasche
K	zusammenfassende Konstante bei konstanter Temperatur und Volumen

Das Gasgesetz in seiner idealen Form stellt den Zusammenhang zwischen Druck und gebildeter Gasmenge her. Die für eine quantitative Bestimmung der verbrauchten Wassermenge notwendigen Grössen von Volumen und Temperatur sind systemspezifisch festgelegt und der Einfluss dieser Grössen wird im Folgenden kurz diskutiert.



EINLFUSSFAKTOREN AUF DIE MESSGRÖSSE

Die **Gaskonstante „R"** ist eine konstante deren Zahlenwert sich lediglich mit der Festlegung der physikalische Einheiten verändert.

Das **Volumen „V"** ist mit der Flaschengrösse vorgegeben und grundsätzlich konstant. Die Druckflasche ist derart ausgelegt, dass ein Gramm Wasser einen Druck von einem bar Acetylen entwickelt (vollständiger Kugelsatz (6) vorausgesetzt). Sämtliche unserer Druckflaschen sind auf dieses Sollvolumen hin kalibriert.

Die **Temperatur „T"** ist eine Umgebungsgrösse, die bei üblicher Anwendung gegeben ist. Unsere **Umrechnungstabellen basieren auf einer Referenztemperatur von 20°C**.
Werden Messungen bei anderen Temperaturen durchgeführt, kann die Verwendung eines Korrekturfaktors sinnvoll sein. **Die Temperatur muss grundsätzlich nur bei geringen Feuchtegehalten oder sehr genauen Messergebnissen beachtet werden.** Zur Beurteilung der Grösse des Korrekturfaktors müssen die Start- und Endtemperaturen der Messung bekannt sein.
Starttemperatur bezeichnet die Temperatur im Moment des Verschliessens der Druckflasche. Ab diesem Moment gilt die Apparatur als geschlossenes System und eine Druckänderung findet nur noch dann statt, wenn sich die Einflussgrössen (Gasgesetz) ändern.
Als **Endtemperatur** wird die Temperatur bezeichnet, welche zum Zeitpunkt der Ablesung des Druckes vorherrscht.
Mit dem Oberflächenthermometer auf unseren Druckflaschen kann diese Grösse beurteilt werden!

Fall	Start	Ende	Regel
I	20°C	20°C	Keine Korrektur notwendig, **Keine Relevanz**
II	26°C	26°C	Den Druck je 3°C zu hoch, um 1% verringern
Beispiel:			(26-20=6) => - 2% (abgelesener Druck*0.98)
Nicht relevant wenn im nicht kritischen Druckbereich			
III	5°C	20°C	Je 1°C Unterschied vom Druck 3mbar abziehen
Beispiel:			Δ 15°C also - 45mbar
Relevant, wenn im Bereich der Belegereife			

Fall II
Sind **Start- und Endtemperatur gleich hoch** aber verschieden von der Referenztemperatur, dann kann der Korrekturfaktor für den Druck gemäss dem Fall II der oberen Tabelle korrigiert werden.
Wenn die Messung bei höheren Temperaturen als bei 20°C durchgeführt wird, ist der abgelesene Druck zu hoch und muss nach unten korrigiert werden. Der Druck wäre bei 20°C entsprechend niedriger gewesen.

Fall III
Sind **Start- und Endtemperatur unterschiedlich hoch,** so müsste man zur genauen Beurteilung des Korrekturfaktors den aktuellen Luftdruck kennen. Bei Annahme eines Luftdruckes von 1 bar kann aus der Differenz der beiden Temperaturen ein Korrekturfaktor ermittelt werden. Dazu müssen vom



abgelesenen Druck je 1°C Temperaturanstieg 3mbar abgezogen werden.
Im Fall III wird die Flasche bei einer Temperatur von 8°C verschlossen und das Messergebnis bei einer Endtemperatur von 23°C abgelesen. Dies ergibt einen Temperaturunterschied von 15°C. Vom abgelesenen Druck sind 45mbar **abzuziehen bevor man in der Umrechnungstabelle den Feuchtegehalt ermittelt**. Im umgekehrten Fall muss der Druck nach oben korrigiert werden.

Ab einem gemessenen Druck von ca. 1bar und höher kann, in der Regel auf eine Temperaturkorrektur verzichtet werden. Auf unserer Webseite werden wir demnächst ein kleines Programm zur Beurteilung der Temperaturkorrektur zum Download anbieten.



Um eine kalte Flasche zu vermeiden, führen Sie jeweils eine Vor-Ort-Kalibrierung aus, um die Flasche auf Betriebstemperatur zu bringen.

UMRECHNUNG: DRUCK – WASSERGEHALT

Durch entsprechende Eichkurven für definierte Probenmengen kann ein Feuchtigkeitsbereich von 0.19 M-% (Probenmenge: 100g) bis 50 M-% (Probenmenge: 3g) abgedeckt werden.

Je geringer der Feuchtigkeitsgehalt einer Probe ist, desto wichtiger werden die Genauigkeit des Manometers sowie die Beurteilung der Temperatur. Mit den angebotenen digitalen Manometern lässt sich der Messbereich auf etwa 0.01 M-% erweitern, wobei es sinnvoll sein kann, für Proben mit stark abweichender spezifischer Dichte, eigene Eichkurven zu entwickeln.

ZWECK UND NUTZEN DES KUGELSATZES

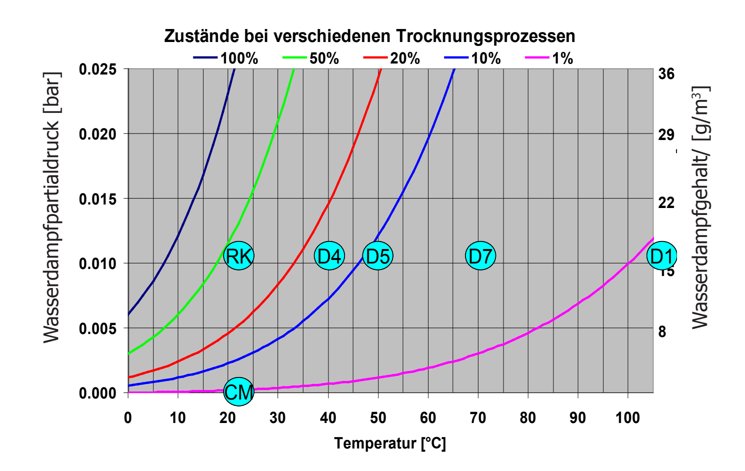
Um bei diesen Umständen den Kontakt zwischen Wasser und Calciumcarbid zu verbessern wird der Kugelsatz eingesetzt.

Mit diesem werden 4-erlei Wirkungen erzielt:
1. **Starten:** Die Glasampulle mit dem Calciumcarbid zertrümmert.
2. **Zerkleinern:** Richtig eingesetzt, wird der Wasser enthaltende Stoff zerkleinert.
3. **Durchmischen:** Die unterschiedlich vorliegenden Stoffe werden miteinander vermischt und anliegendes festes Produkt wird abgeschüttelt.
4. **Reaktionsbeschleunigung:** Durch intensives Schütteln wird der Reaktionsfortgang beschleunigt, da sich Carbid und Wasser schneller berühren können.

STANDARDFEUCHTEMESSMETHODEN: GRUNDLAGEN ZUM TROCKENSCHRANK

Als Standardmethode unter den Feuchtebestimmungen gilt die Ofentrocknung welche u.a. in der DIN 18121-1 beschrieben ist. Bei dieser recht einfachen Methode wird Prüfgut bei einer bestimmten Temperatur (meist bei 105°C, verdampfbares Wasser) **in einem Ofen bis zur Gewichtskonstanz getrocknet**. Durch Wägung der Probe vor und während der Trocknung wird durch den Gewichtsverlust der Wassergehalt bestimmt. Als Abbruchkriterium gilt eine Gewichtsveränderung von weniger als 0.1M% innerhalb von 24 Stunden.





Neben der Ofentrocknung auch Darrung oder Trockenschrankmehtode genannt, kommen in der Praxis auch weitere **direkte Methoden zur Bestimmung des Wassergehaltes** zur Anwendung, denen gemeinsam ist, dass einer Probe das Wasser durch Lagerung in einer Umgebung mit geringer relativer Luftfeuchtigkeit (z.B. Gefriertrocknung, Trocknung im Exsikkator) Wasser entzogen wird.

Im Trockenschrank erfolgt die Reduktion der relativen Luftfeuchtigkeit durch Erhöhung der Temperatur (siehe Beispielgrafik oben). Dabei wird folgender Zusammenhänge genutzt:

Warme Luft kann mehr Wasser aufnehmen bis sie gesättigt ist als kalte.

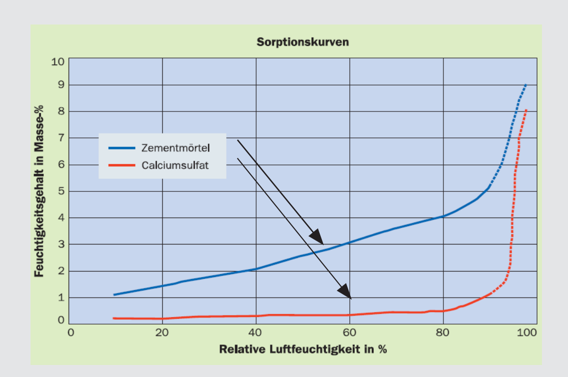
Dies hat zur Folge, dass wenn beliebige Luft mit einer gegebenen Luftfeuchtigkeit erwärmt wird (z.B. Laborluft) sich deren ursprüngliche relative Luftfeuchtigkeit verringert.

Durch die erhöhte Temperatur im Schrank wird zudem auch die Mobilität der Wassermoleküle erhöht. Dies ist mit der Hauptgrund, weshalb eine Trocknung bei 105°C im Ofen im Vergleich zu den anderen Trocknungsprozessen (Exsikkator u.a.) erheblich schneller abläuft.

Abhängig von der Ofentemperatur (40°C, 50°C, 70°C resp. 105°C) sowie dem Wassergehalt des angesaugten Raumklimas (RK) stellt sich im Ofen eine entsprechende relative Luftfeuchtigkeit ein. Diese relative Luftfeuchtigkeit (aber auch die Temperatur) entsprechen der Gleichgewichtsbedingung für die Probe, welche solange Feuchtigkeit abgibt (Gewicht verliert), bis sie im Gleichgewicht mit den im Ofen vorherrschenden Bedingungen steht. Ist dieser Zustand erreicht, ändert sich das Gewicht der Probe nicht mehr. **(Im Gleichgewichtszustand nimmt die Probe gleichviel Wasser aus der Luft auf, wie sie an die Luft abgibt.)**

Diese Gleichgewichtsbeziehung zwischen dem Wassergehalt einer Probe und der relativen Luftfeuchtigkeit wird in sogenannten **Sorptionsisothermen** beschrieben und ist charakteristisch für die Wasserspeicherfähigkeit einer Probe. **Die Sorptionsisothermen hängen bei Baustoffen**





in der Regel von der Temperatur nur wenig ab und nehmen einen leicht anderen Verlauf, wenn eine Probe Wasser abgibt, also trocknet, oder wenn sie Wasser aufnimmt. Man spricht bei der Wasserabgabe von Desorption, daher **Desorptionsisotherme**, und bei der Wasseraufnahme von Adsorption, also **Adsorptionsisotherme**. Die Abweichung zwischen den Gleichgewichtswerten während der Wasseraufnahme und der Wasserabgabe bezeichnet man als **Hysterese**.
Die Fähigkeit eines Materialgemisches oder eines Stoffes, Wasser einzulagern, hängt neben seiner Zusammensetzung und seiner Eigenschaft mit dem Wassermolekül eine Bindung einzugehen im Wesentlichen von der Grösse seiner inneren Oberfläche, also seiner Porenstruktur ab.
Zementäre Systeme weisen einen grossen Anteil an sehr kleinen, sogenannten Gelporen, auf. Dies im Gegensatz zu beispielsweise Calciumsulfatgebundenen Systemen (siehe Sorptionsisothermen in Grafik oben auf dieser Seite). Zementäre Systeme lagern daher bei gleicher relativer Luftfeuchtigkeit mehr Wasser ein.

Bei der **Trockenschrankmethode** wird Luft aus dem ihm umgebenden Raum ansaugt und erwärmt. Ändert sich über die Dauer des Trocknungsprozesses die relative Luftfeuchtigkeit im Raum, so wird dadurch auch die relative Luftfeuchtigkeit im Ofen verändert.
Der Einfluss dieser Änderung der Gleichgewichtsbedingung führt insbesondere dann zu einer relevanten Änderung der Gleichgewichtsfeuchte einer Probe, wenn diese stark hygroskopisch ist. Eine stark hygroskopische Probe weist eine grosse innere Oberfläche auf und ist in der Lage, bereits bei geringer Luftfeuchtigkeit einen grosse Wassermenge einzulagern (z.b. Gelporen im Zement).
Der Einfluss der angesaugten Laborluft wird mit zunehmender Trocknungstemperatur allerdings geringer.

Vergleich Trockenschrank zu CM-Methode

Die beiden Methoden lassen sich anhand des Vergleichs der Gleichgewichtsbedingungen vergleichen. In der nebenstehenden Grafik sind die Gleichgewichtsbedingungen für die beiden Methoden mit den Bezeichnungen (D4 für 40°C u.sw. resp. für D1 für 105°C sowie CM für Carbid-Methode) einander gegenübergestellt.

Bei der **Trockenschrankmethode** wird der Grad der Trocknung in erster Linie durch Wahl der Trocknungstemperatur festgelegt. Die sich bei der vorgegebenen Temperatur einstellende



Luftfeuchtigkeit im Ofen hängt von den Raumluftbedingungen des den Ofen umgebenden Raumes ab und sinkt mit steigender Temperatur. Sie stellt ein **offenes System** dar.

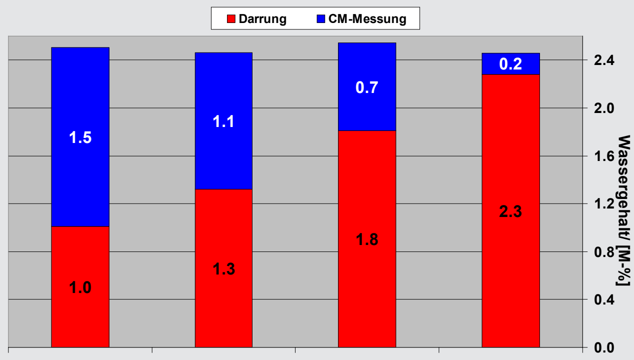
Die **CM-Methode** auf der anderen Seite stellt ein **geschlossenes System** dar, in dem durch Reaktion von Wasser zu Acetylen die Luftfeuchtigkeit bei Raumtemperatur gegen **$1.87 x 10^{-10}$mbar** absinkt. Es wird jeweils solange Wasser verbraucht, solange sich dieses hin zum Carbid bewegen kann.

In der nachstehenden Versuchsreihe sind 4 zementäre Estrichproben im Trockenschrank zuerst gemäss der untenstehenden Tabelle bei **verschiedenen Temperaturen bis zur Gewichtskonstanz getrocknet** und anschliessend in einem geschlossenen System auf Raumtemperatur abgekühlt. Dabei wurde die **Luftfeuchtigkeit** in diesem geschlossenen System gemessen. Mit jeweils 50g eine **Feuchtebestimmung nach der CM-Methode bis zum Reaktionsgleichgewicht durchgeführt**. Wir haben diese Reihenfolge der kombinerten Trocknung gewählt, da der Ofentrocknung der Trocknungsgrad einer Probe durch Wahl der Trocknungstemperatur vorgegeben werden kann. Im Gegensatz zur Cabrid-Methode kann eine Probe also auch nur partiell getrocknet werden.

In der nachstehenden Tabelle sind die Einzelergebnisse der beiden nacheinander durchgeführten Trocknungsmethoden sowie deren Summen dargestellt.

Probenbezeichnung		**Probe 1**	**Probe 2**	**Probe 3**	**Probe 4**
Trocknungstemperatur		**40 °C**	**50 °C**	**70 °C**	**105 °C**
Gleichgewichtsfeuchte der Probe	[%rF]	19.1	10.6	4.1	2.8
Masseverlust durch Darrung	[M-%]	1.0	1.3	1.8	2.3
Feuchtegehalt durch anschliessende CM-Methode bis zum Reaktions-gleichgewicht	[M-%]	1.5	1.1	0.7	0.2
Summe aus beiden Methoden	**[M-%]**	**2.5**	**2.4**	**2.5**	**2.5**





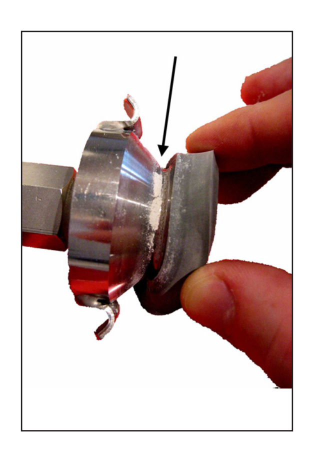
Diskussion

In der Summe führen die beiden angewendeten Methoden mit geringen Abweichungen zum gleichen Ergebnis.
Trotz der hohen Trocknungstemperatur von 105°C werden mit der anschliessenden CM-Methode nochmals 100mg Wasser umgesetzt, was einem Massgehalt von 0.2 M-% entsprecht.
Diese umgesetzte Wassermenge entspricht damit dem Wassergehalt, der in einem Raumvolumen von 10lt Luft (bei 20°C; 50%rF) vorliegen würde. Da die Probe nach der Entnahme aus dem Trockenschrank nur weinge Sekunden in Kontakt mit der Laborluft stand, kann ausgeschlossen, dass diese Wassermenge aus der Luft aufgenommen worden ist. Eine Kontrollmessung mit einer bei 125°C getrockneten Probe ergab eine nachgewiesene Wassermenge von nur 20mg.

Bei stark hygroskopischen Proben werden mit der Carbid-Methode höhere Feuchtigkeitsgehalte bestimmt als mit dem Trockenschrank bei 105°C. Damit erlaubt diese Methode eine präzisere Bestimmung des mobilen Wassergehaltes einer Probe. Wegen der unveränderten Gleichgewichtsbedingung (Wasserdampfrestpartialdruck von ca. 10^{-10} mbar) ist eine höhere Reproduzierbarkeit möglich als im Vergleich zum Trockenschrank dessen Gleichgewichtsbedigung je nach Feuchtegehalt der Laborluft zwischen 1 und 3%rF variieren kann.







Kalibrationskontrolle des CM-Gerätes
Die im Set Kleinmaterial vorhandenen Kalibrierampullen können dazu verwendet werden, das CM-Gerät als Gesamtsystem bezüglich seiner Genauigkeit (Manometer) sowie seiner Tauglichkeit (Dichtheit) hin zu prüfen. Diese Kalbrationskontrolle kann an einem beliebigen schattigen und belüfteten Ort durchgeführt werden.

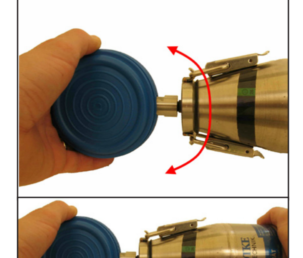
Vorbereitung:
Man benötigt dazu das gereinigte und trockene CM-Gerät samt Deckel und Manometer, den vollständigen Kugelsatz, eine Kalibrierampulle sowie eine Carbidampulle (Bild Mitte).

Durchführung:
Die Kugeln, die Carbidampulle sowie die Kalibrierampulle werden in dieser Reihenfolge in die Druckflasche gefüllt und anschliessend mit dem Manometerdeckel verschlossen.

Durch Schütteln des CM-Gerätes werden die Ampullen zertrümmert und die freigesetzten Reagenzien können miteinander reagieren. **Die Reaktion ist in der Regel nach 2 bis 3 Minuten abgeschlossen und der Enddruck muss bei 1.00 bar ± 0.05 bar liegen.**



[Die zulässige 5% Abweichung umfasst summarisch die Volumenvarianz (± 1%), die Wassermengentoleranz (±1%), die zulässige Manometergenauigkeit von ± 2.5% (25mbar) bei 1 bar) sowie die mögliche Temperaturabweichung von ±1% je 3°C Abweichung von 20°C.]



(WICHTIG: Während dem Zertrümmern der Ampullen können sich Wasserspritzer an der Flascheninnenseite anlagern)



Bemerkung:
Ein zu tiefer Druck kann angezeigt werden, wenn man zu wenig lange wartet, respektive wenn sich unter dem Deckel Wasserspritzer angesammelt haben. Diese haben sich durch zu heftiges Schütteln am Anfang der Messung gebildet. Durch «Flachlegen» und horizontales Drehen und Wippen der Flasche, können diese Spritzer mit Calcium Carbid zur Reaktion kommen. Hier dargestellt mit dem CCM-Gerät CLASSIC.



Ausbildungsvideo: **VOR-ORT-KALIBRIERUNG**





Allgemeines
Die CM-Methode eignet sich zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes für alle Probenmaterialien, die nicht selbst mit Calciumcarbid oder den Reaktionsprodukten reagieren und die kein Methanol enthalten. Dazu gehören Brennstoffe, Baustoffe, Salze und Mineralien sowie Erzkonzentrate und Erze.

Bei beiliebigen Materialien mit einer Probenmenge von mehr als 10gr oder Proben mit einer besonders geringen Dichte (kleiner 1 kg/m^3) empfiehlt es sich, eine gesonderte Eichung durchzuführen.
Eine sorgfältige Bestimmung der Feuchtigkeit einer Probe bedingt, dass aus dem vorhandenen Probenmaterial eine repräsentative Auswahl getroffen wird.

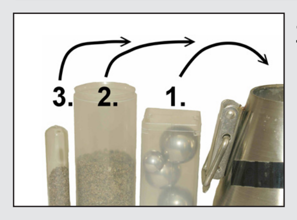
Die Vorbereitung einer Probe spielt daher eine wesentliche Rolle!

Die nachstehende Messprozedur (Bilder mit dem Manometer CLASSIC) ist ausgelegt für Schüttgüter oder körnige Proben sowie für Flüssigkeiten und pastöse Materialien. **Die Reaktion endet mit dem Erreichen des Reaktionsgleichgewichtes.**

1 Das zu prüfende Material muss homogenisiert werden, um eine Durchschnittsprobe entnehmen zu können.

2 Abhängig vom vermuteten Wassergehalt erfolgt die notwendige Einwaage gemäss nachstehender Tabelle:

Vermuteter Wassergehalt	Empfohlene Probenmenge
1 %	100 g
2 %	50 g
5 %	20 g
10 %	10 g
20 %	5 g
30 %	3 g

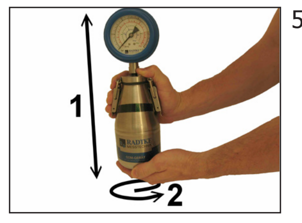


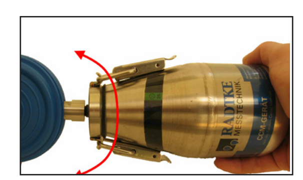
3 Füllen Sie den vollständigen Kugelsatz (1) und je nach der zu erwartenden Feuchtigkeit die exakt abgewogene, repräsentative Probenmenge (2) in die Druckflasche ein.
Halten Sie anschliessend die Flasche schräg und lassen Sie vorsichtig eine Glasampulle mit Carbid hineinrutschen (3).



4 Die Druckflasche wird mit dem Deckel verschlossen und die Carbidampulle anschliessend durch kräftiges Schütteln zertrümmert. Mit dem Zertrümmern der Ampulle beginnt die chemische Reaktion. Starten Sie nun die Zeitmessung mit der Stoppuhr (Bei CLASSIC Ausstattungen mitgeliefert).







5 Danach führt man während einer Minute kreisende Bewegungen durch, um das Reaktionsgemisch miteinander zu vermischen. Bei flüssigen oder pastösen Proben empfiehlt es sich, die Druckflasche flach zuhalten und mehrmals um die eigene Längsachse zudrehen (siehe unteres Bild). So kann auch an der Innenwand anhaftendes Probenmaterial zur Reaktion gebracht werden. Diesen Vorgang wiederholt man nach ca. 3 Minuten nochmals.

Die Reaktion endet mit Erreichen des Reaktionsgleichgewichtes.

Dieses ist typischerweise nach 10 Minuten erreicht. Die Druckflasche wird zur Kontrolle nochmals kurz geschüttelt. Bleibt der Druck unverändert, kann die Messung als abgeschlossen betrachtet werden.

Ein zu geringes Schütteln resp. gar kein Schütteln führt bei begrenzter Reaktionszeit zu einer unvollständigen Reaktion und damit zu einem zu tiefen Ergebnis.
Für die üblichen Probeneinwaagen 20 g (rote Skala), 50 g (blaue Skala) oder 100 g (grüne Skala) lässt sich der Wassergehalt direkt am Manometer ablesen. Für niedrigere Einwaagen (höhere Feuchtigkeiten) kann die vorliegende Umrechnungstabelle verwendet werden.
Erstellen Sie ein handschriftliches Protokoll oder verwenden Sie Vorlage von unserer Webseite, um die Messergebnisse festzuhalten.

Da die Eichkurven für eine Referenztemperatur von 20°C berechnet worden. Beachten Sie dazu die Anzeige des Oberflächenthermometers auf der Druckflasche. Bei Abweichungen beurteilen Sie den möglichen Fehler gemäss dem Kapitel Grundlagen zur Carbid Methode.

UMRECHNUNGSTABELLE: DRUCK MATERIALFEUCHTE

Druck	Probeneinwaage					
Bar (Schwarz)	3g	5g	10g	20g (Rot)	50 g(Grün)	100g (Blau)
	Wassergehalt in Masse-% bezogen auf die Trockenmasse					
0	0	0	0	0	0	0
0.2	6.3	3.8	1.9	0.9	0.38	0.19
0.3	9.7	5.8	2.9	1.5	0.58	0.28
0.4	13.0	7.8	3.9	2	0.78	0.38
0.5	16.3	9.8	4.9	2.5	0.98	0.47
0.6	19.7	11.8	5.9	3	1.18	0.57
0.7	23.0	13.8	6.9	3.5	1.37	0.66
0.8	26.3	15.8	7.9	4	1.57	0.76
0.9	29.7	17.8	8.9	4.5	1.76	0.85
1	33.3	20	10	5	1.96	0.95
1.1	36.7	22	11	5.5	2.16	1.05
1.2	40.0	24	12	6	2.35	1.14
1.3	43.3	26	13	6.5	2.55	1.23
1.4	46.7	28	14	7	2.74	1.33
1.5	50.0	30	15	7.5	2.94	1.42
Oberhalb dieses Drucks kann sich Acetylen zersetzen und das Manometer beschädigen!						
1.6	53.3	32	16	8	3.13	1.51



Messungen mit dem Manometer Business:

Das Manometer Business ist derart ausgelegt, dass es den letzten Messwert gespeichert behält bis eine neue Messung endgültig begonnen hat.
Um eine neue Messung zu beginnen wird das Manometer durch Drücken eines beliebigen Knopfes eingeschaltet. Die Einwaage wird gegebenenfalls angepasst. Dieser Schritt kann auch im Anschluss an die Messung erfolgen.
Durch Wahl und Bestätigen des **«Start»** Befehls wird das Manometer «genullt» und für eine neue Messung vorbereitet. Auf der Anzeige sieht man einen Timer 5:00 Minuten rückwärts laufen und alle 5 Sekunden wird der aktuelle relative Druck angezeigt.
Das Manometer ist in diesem Zustand bereit für die Messung und kann wie ein mechanisches Manometer eingesetzt werden. Um den definitven Messbeginn an dieser Stelle abzubrechen muss mit der **«Menu»** Taste der **«STOP»** Befehl ausgewählt werden oder die Timerzeit ohne Ansteig des Druckes verstrichen werden lassen.
Das Manometer prüft in diesem Zustand laufend, ob der Druck ansteigt und schaltet die Zeit automatisch auf **«0:00»** wenn ein Druckanstieg von 20 mbar festgestellt wird. In diesem Moment hat eine neue Messung definitiv angefangen. Die Messdauer beträgt maximal 10 Minuten und kann vorzeitig mit dem **«STOP»** Befehl beendet werden.

«BESONDERE» MESSPROZEDUREN: BESTIMMUNG DER BELEGEREIFE

Bei Baustoffen, wie z.B. Estrichen, steht das Interesse an der Kenntnis nach dem Anteil des "freien" schadensverursachenden Wassergehalt im Vordergrund, nicht aber der gesamte Wassergehalt.

Der Begriff Belegereife beschreibt den Feuchtezustand eines Estrichs, der, wenn er mit einem Oberbelag belegt worden ist, keinen Feuchteschaden mehr an diesem verursacht.

Ein solcher Feuchteschaden kann entstehen, wenn sich das Feuchteprofil im Estrich unter dem Oberbelag schneller ausgleichen kann, als das die Feuchtigkeit durch den Oberbelag hindurchwandern und an die Umgebungsluft abgegeben werden kann. Eine solche Kumulation von Feuchtigkeit unter dem Oberbelag kann bis hin zur Kondensation des Wassers führen. Abgesehen von dem Einfluss der Temperatur auf die Kumulation von Feuchte unter dem Oberbelag sind bisher keine weiteren potentiellen Parameter untersucht worden.
Die Werte für die Belegereife sind daher empirische Grenzwerte (Erfahrungswerte), die sich mit der Zeit auch immer wieder geändert haben.

Für Fragen nach der Belegereife gelten besondere Messprozeduren, die sich national teilweise unterscheiden und von verschiedenen Verbänden vorgegeben worden sind: In Deutschland durch den IBF (BEB) sowie den ZVPF, in der Schweiz durch die SIA, und auch in Italien existiert eine Norm dafür.
Einige dieser besonderen Messprozeduren werden in der Folge beschrieben.

Für die Bestimmung des Wassergehaltes in Beton wurde in Deutschland mit der ZTV ING ebenfalls eine eigene Messprozedur festgelegt. Auf diese wird in dieser Version der Gebrauchsanleitung nicht gesondert eingegangen.

Für die zitierten Auszüge der beschriebenen Messprozeduren aus den vorhandenen Informationen wird in keiner Art und Weise Haftung übernommen. Wir beziehen uns mit diesen Zitaten auf den uns vorliegenden Informationen, von denen wir ausgehen, dass sie aktuell und korrekt sind.



ZITATANFANG

Messung des Feuchtegehaltes

1. Allgemeines

Die Messung des Feuchtegehaltes zur Beurteilung der Belegereife auf der Baustelle erfolgt über die Calciumcarbid-Methode.

ANMERKUNG Alternative Messmethoden (z.B. dielektrische Methoden) dienen ausschliesslich zur Vorprüfung und zur Eingrenzung feuchter Flächen.

2. Prüfeinrichtung

2.1 **CM-Gerät**, geeichte Druckflasche nach Richtlinie 97/23/EG (Volumen 650 ml), mit einem Manometer montiert nach EN 837-2 (max. absoluter Fehler 25 mbar)

2.2 vier **Stahlkugeln**

2.3 **Calciumcarbid-Ampulle**, mit einem Füllgewicht von etwa 7 g (Körnung 0,3 mm - 1,0 mm)

2.4 **Waage**, Fehlergrenze ± 0,1 g

2.5 **Uhr**

2.6 **Mörserschale** aus Metall o.ä.

2.7 zwei **Beutel** aus Polyethylen (PE)

3. Durchführung

a) Durchschnittsprobe über den ganzen Querschnitt des Estrichs entnehmen und in einen PE-Beutel (2.7) einfüllen.

ANMERKUNG Bei Estrichen mit höheren Festigkeitsklassen oder grösseren Estrichdicken ist die Verwendung eines elektrischen Stemmgerätes sinnvoll.

b) Durchschnittsprobe im PE-Beutel (2.7) in der Schale (2.6) soweit zerkleinern, dass ein vollständiges Zerkleinern in dem CM-Gerät (2.1) mit den Stahlkugeln (2.2) möglich ist.

c) Homogenisieren der Probe durch Umfüllen des gesamten Probematerials in einen weiteren PE-Beutel (2.7).

d) Aus dem vorbereiteten Prüfgut eine Materialprobe abwiegen:

- Calciumsulfatestrich: 100 g
- Magnesiaestrich: 50 g
- Zementestrich: 50 g



e) Prüfgut und Stahlkugeln vorsichtig in das CM-Gerät einfüllen.

f) CM-Gerät schräg halten und Glasampulle mit Calciumcarbid (2.3) einfüllen.

g) Nach dem Verschliessen des CM-Gerätes kräftig schütteln, bis Anzeige am Manometer des Gerätes ansteigt. Durch kräftiges Hin- und Herbewegen sowie durch kreisende Bewegungen das Prüfgut im CM-Gerät mit Hilfe der Stahlkugeln völlig zerkleinern. Dauer: 2 min.

h) 5 min nach dem Verschliessen des CM-Gerätes, wie unter g) beschrieben, eine 1 min schütteln.

i) 10 min nach dem Verschliessen des CM-Gerätes nochmals kurz (~ 10 s) aufschütteln und Wert ablesen. Der Feuchtegehalt kann direkt vom Manometer abgelesen oder der Eichtabelle entnommen werden. Den abgelesenen Wert in das Protokoll (siehe Anhang A) eintragen.

ANMERKUNG Bei calciumsulfatgebundenen Estrichen ist ein weiterer Druckanstieg möglich; dieser ist nicht zu beachten, da chemisch (d.h. fest) gebundenes Wasser vorliegt.

j) Prüfprotokolle durchführen: wenn das Prüfgut nicht vollständig zerkleinert ist, Prüfergebnis verwerfen und MEssung wiederholen.

ZITATENDE

Belegereifwerte nach BEB-Merkblatt «CM-Messung» Ausgabe: 01/2007

Bindemittel	**beheizt**	**unbeheizt**
Zementestrich	**1.8 CM-%[1]**	**2.0 CM-%**
Calciumsulfatestrich	**0.3 CM-%**	**0.5 CM-%**

[1] Unter Stein- und keramischen Belägen: 2.0 CM-%.



ZITATANFANG

Messprinzip
Durch Zugabe von Calciumcarbid zum pulverisierten Messgut in einem gasdichten Gefäss bildet sich in einer Reaktion mit dem im Messgut vorhandenen freien Wasser Acetylengas. Dadurch entsteht ein messbarer Druck, aus welchem der Wassergehalt berechnet werden kann.

Geräte und Hilfsmittel
- CM-Druckflasche (0.66l) mit Manometer
- Waage, Genauigkeit 0,1g
- Stahlplatte bzw. Mörserschale
- Hammer und Meissel
- Stahlkugeln, Calciumcarbid-Ampullen (je ca. 6g), Stoppuhr
- sonstiges Zubehör

Vorgehen
- Mit Hammer und Meissel Bruchstücke des zu untersuchenden Betons oder Mörtels herauslösen. Die Art der Prüfgutentnahme darf den Feuchtgehalt des Prüfgutes nicht beeinflussen.
- Mit dem Hammer auf der Stahlplatte bzw. im Mörser die Bruchstücke zerkleinern.
- Dem zerkleinerten Material eine repräsentative Einwaage entnehmen und abwägen. Die Einwaage ist vom vermuteten Feuchtegehalt des Probenmaterials abhängig:

  - Feuchtigkeit ≥ 3% Einwaage 20 g
  - Feuchtigkeit < 3% Einwaage 50 g
  - Feuchtigkeit < 1.5% Einwaage 100 g

- Zuerst die Stahlkugeln, dann die Einwaage verlustfrei in die trockene Druckflasche geben.
- Eine Ampulle Calciumcarbid vorsichtig in die schräg gehaltene Druckflasche gleiten lassen.
- Deckel mit Manometer aufsetzen und gasdicht verschliessen.
- Zur Vermeidung von Feuchteänderungen sind diese Vorgänge zügig durchzuführen. Die Druckflasche muss Umgebungstemperatur aufweisen.
- Ampulle durch kräftiges Schütteln der Druckflasche zertrümmern. Druckflasche fünf Minuten lang kräftig kreisend und schlagend bewegen, anschliessend an beschatteter Stelle ruhen lassen.
- Ablesung des Druckes am Manometer bei konstant bleibendem Druck, jedoch spätestens nach 20 Minuten.
- Nach der Ablesung die Flasche vorsichtig öffnen (entflammbares Gas), Inhalt ausschütten und Flasche mit trockener Flaschenbürste reinigen.

Die Gebrauchsanleitung des Geräteherstellers ist zu beachten.

Anmerkung zur Methode
Der mit der CM-Methode direkt bestimmte Wassergehalt entspricht dem sogenannten „freien" Wasser. Beim Darren (Anmerkung des Herstellers: Darren bei 105°C) bis zur Gewichtskonstanz ergeben sich andere Werte, da zum Teil auch „gebundenes" Wasser frei gesetzt wird.



Bestimmung des Wassergehaltes
Der Wassergehalt der Probe wird aus dem gemessenen Druck mit Hilfe der Tabelle 1 bestimmt. Für ein Flachenvolumen von 0,66 l und einer Ampulle von 5 g ergeben sich die Eckwerte gemäss Tabelle 1.

Tabelle 1

Druck	0,2 bar	0,6 bar	1,0 bar	1,2 bar	1,5 bar
			Wassergehalt in Massen-%		
Einwaage 20 g	0,90	3,00	5,00	6,00	7,50
Einwaage 50 g	0,38	1,18	1,96	2,35	2,94
Einwaage 100 g	0,19	0,57	0,95	1,14	1,42

Auszug aus Kapitel 5 „Ausführung“ derselben Schweizer Norm

5.1 Anforderungen an den Untergrund

5.1.5 Der Untergrund muss während und nach der Verlegung des Belages folgende Feuchtewerte einhalten:

– Zementgebundene Untergründe
- ohne Bodenheizung
  - Linoleum max. 2,5%*
  - Textilien max. 2,5%*
  - Kunststoff max. 2,3%*
  - Parkett, Holzwerkstoffe und Schichtstoffprodukte max. 2,3%*
  - Gummi max. 2,0%*
  - Kork max. 2,0%*
- mit Bodenheizung max. 1,5%*

– Anhydrit-Mörtel konventionell (Kalziumsulfat-Mörtel)
- ohne Bodenheizung max. 0,5%*
- mit Bodenheizung max. 0,3%*

– Anhydrit-Fliessestriche (Kalziumsulfat-Fliessmörtel)
- ohne Bodenheizung max. 0,5%*
- mit Bodenheizung max. 0,3%*

– Holzunterböden 7-12%**
– Spanplatten 6-9%**
– Faserplatten 4-7%**

* Messung mit CM-Gerät
**Messung mit Holzfeuchtemessgerät

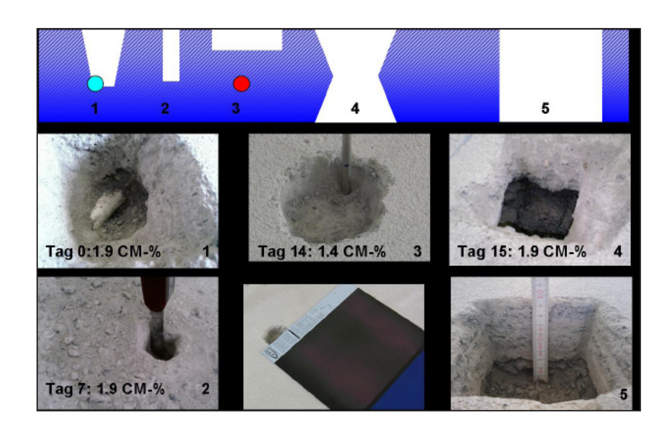
ZITATENDE



GÜNSTIGE TROCKNUNGSBEDINGUNGEN

Ein Estrich kann als grosse flache Platte angesehen werden, der während der Trocknungsphase sein Wasser nur über die Oberfläche abgeben kann, also an die Raumluft. Über die Raumluft wird das Wasser als Gas aus dem Bau transportiert. Die Wasserabgabe an die Raumluft hängt im grossen Masse auch von den klimatischen Bedingungen im Raum und von der Intensität der Luftbewegung ab. Je stärker die Ventilation ist, desto schneller kann Wasser an die Luft abgegeben werden. Zusätzlich zur Ventilation fördern weiter eine niedrige relative Luftfeuchtigkeit für eine beschleunigte Wasserabgabe. Eine tiefe relative Luftfeuchtigkeit wird auf dem Bau meist durch Erhöhung der Raumlufttemperatur bewirkt. Zusätzlich kann die Mobilität der Wassermoleküle im Baustoff durch eine erhöhte Temperatur im Baustoff verbessert werden. Hier muss allerdings die Eignung des Baustoffes für die gewählte Temperatur resp. seine mögliche Reaktion auf die Temperaturerhöhung (mögliche Schüsselung bei einem Zementestrich) berücksichtigt werden.
Dadurch, dass die Feuchtigkeit in einem Estrich nur über die Oberfläche abgegeben werden kann, bildet sich **über den Querschnitt des Estrichs ein Feuchtigkeitsprofil** aus. Der Estrich weist also ein vertikales Feuchtigkeitsprofil auf: Oben relativ schnell trocken und nach unten hin zunehmend feucht.

Weiter darf nicht davon ausgegangen werden, dass der Estrich über die Fläche eine homogene Feuchtigkeitsverteilung aufweist. Abhängig von der Raumgeometrie, der Besonnung, der Belüftung, einer Fussbodenheizung und auch der Einbauhöhe **bildet sich über die Fläche ebenfalls eine unterschiedliche Feuchtigkeitsverteilung** aus.



PRAXISBEISPIEL: PROBLEMATIK FEUCHTIGKEITSVERTEILUNG IM ESTRICH

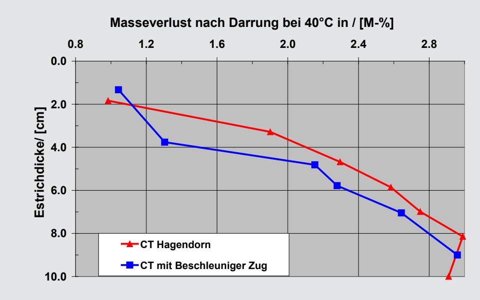
Das obenstehende Bild verdeutlicht die Problematik der unterschiedlichen Feuchtigkeitsverteilung bei der Prüfgutentnahme für eine Bestimmung der Belegereife. Im Schema sind neben des der ermittelten CM-Werte auch die relevanten Heizleitungen dargestellt. Die Bilder zeigen die auf der gleichen Baustelle vorgefundenen Entnahmestellen des Prüfgutes für die CM-Messungen. Bild oben links, Schema links: Bei ausgeschalteter Heizung wurde Prüfgut nur bis zur Höhe der Fussbodenheizung entnommen. Die ermittelte Restfeuchtigkeit von 1.9CM-% führte dazu, die Fussbodenheizung einzuschalten, um die Trocknung des Estrichs zu forcieren.



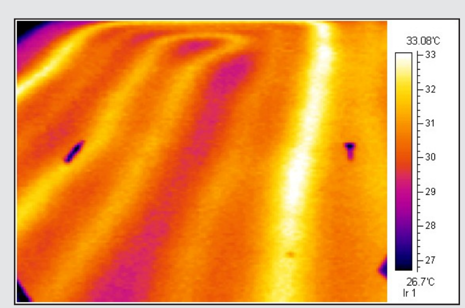
Bild unten links mit Messer, Schema 2. von links: Eine Woche später wurde eine weitere CM-Messung durchgeführt, diesmal von einer anderen Person, die aber auch nur aus der oberen Hälfte und zwischen zwei Heizleitungen das Prüfgut entnommen hatte. Die diesmal ermittelte gleiche Restfeuchte von 1.9CM-% führte erwartungsgemäss zu Verunsicherungen bei der Bauleitung deren Planung bereits mehrere Wochen in Verzug war.

Bilder in der Mitte oben und unten, Schema 3. von links: Die Bauleitung setzte ihrererseits eine weitere Woche später eine externe Person ein, um die Restfeuchte zu ermitteln. Die Prüfgutentnahme erfolgte direkt oberhalb einer Heizleitung und war lediglich etwa 3cm tief entnommen worden. Dies bei einer geplanten Einbauhöhe von 8cm. Auf Grund der diesmal ermittelten Restfeuchte von 1.4CM-% bezichtigte die Bauleitung den Parkettleger die Arbeiten wegen eigener Terminprobleme gezielt zu verzögern.
Bild oben rechts und Schema 2. von rechts: Eine vierte Person wurde vom Parkettleger gleichentags beauftragt, eine eigene CM-Messung durchzuführen. Diese erstmals über den gesamten Querschnitt erfolgte Prüfgutentnahme ergab ebenfalls eine Restfeuchte von 1.9CM-%. Bei dieser Prüfgutentnahme wurde eine Einbauhöhe des Esitrchs von 10cm gemessen. Weiter konnte die Heizleitung unterhalb der 3. Prüfgutentnahmestelle lokalisiert werden.

Mit diesen Ergebnissen konnte der Bauleitung überzeugend klar gemacht werden, dass von Seiten des Parkettlegers keine absichtliche Verzögerung des Bauverlaufes gegeben war, sondern vielmehr eine unzulässige Prüfgutentnahme von allen vorangegangenen Anwendern sowie die Unkenntnis der Einbauhöhe zu dieser Unstimmigkeit der am Bau betroffenen Parteien geführt hatte. Alle ermittelten Messwerte waren grundsätzlich korrekt, nur dass sie nicht repräsentativ für den Estrich waren und damit für die Beurteilung der Belegereife ohne die zusätzlichen Kenntnisse des Einbauhöhe und des Verlaufs der Heizleitungen von keinerlei Nutzen.



Die nebenstehende Grafik zeigt für zwei verschiedene zementäre Estrichsysteme das Feuchtigkeitsprofil. Das freie Wasser wurde mittels Darrung bei 40°C bestimmt. Es kann aber ebenso durch eine CM-Messung ermittelt werden.
Das Feuchtigkeitsprofil ist gut ersichtlich.



Nebenstehendes Bild zeigt die Infrarotaufnahme einer beheizten Estrichflächen. Die hellen Linien zeigen deutlich den Verlauf der Heizschlaufen. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Bereiche bei den Leitungen trockener sind, als die Bereiche zwischen den Leitungen.





Prüfgutentnahme direkt in den Plastikbeutel

Auf Grund unserer Erfahrungen im Umgang mit Estrichporben empfehlen wir bei der Prüfgutentnahme eine zügige Vorgehensweise. Das entnommene Prüfgut sollte umgehend in bereitgelegte **Plastikbeutel** eingefüllt werden und es muss mit **Handschuhen** gearbeitet werden. Mit diesen beiden Massnahmen, wie auch der **Entnahme der gesamten Materialprobe aus dem Estrichquerschnitt** stellen Sie sicher, dass Sie beim ersten Schritt der Beurteilung der Belegereife keinen Fehler machen, resp. keinen Anlass zu irgendwelchen Zweifeln an Ihrer Vorgehensweise geben.



Prüfgutzerkleinerung im Plastikbeutel

Das entnommene Prüfgut enthält Estrichbrocken, die unterschiedlich gross sind und die unterschiedliche Wassergehalte aufweisen. Im nun folgenden Schritt wird das **gesamte gesammelte Prüfgut** auf der Estrichplatte **im Beutel mit dem Fäustel schrittweise zerkleinert** und gleich anschliessend in einem neuen dichten Beutel umgefüllt. Durch diese Prozedur werden die Estrichbrocken zerkleinert und durch das Umfüllen durchmischt. Es entsteht eine zunehmende homogene Materialprobe.



Prüfguthomogenisierung

Die obigen beiden Schritte **(Zerkleinern und Umschütten) wiederholen Sie 2 bis 3 Mal** bis Sie nur noch Estrichstücke vorliegen haben, die **kleiner als ca. 10 mm** sind. Nochmals - das Umschütten ist wichtig, damit das unterschiedlich feuchte Probenmaterial miteinander vermischt werden kann.





Zwischenlagerung von Prüfgut

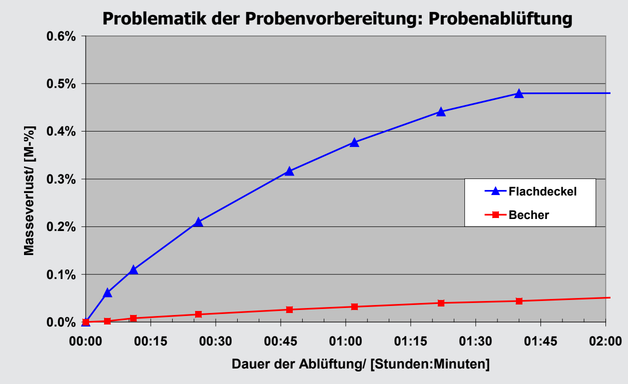
Das Arbeiten mit den Plastikbeuteln hat den Vorteil, dass aus dem Prüfgut keine Feuchtigkeit in erheblichem Masse verloren gehen kann. So kann die entnommene und homogenisierte Probe für Wiederholungsmessungen eingesetzt werden.



Repräsentative Prüfgutentnahme



Die schliesslich so vorbereitete Materialprobe darf als homogen bezeichnet werden im Sinne der DIN 18121, und es darf nun eine Materialprobe für die Bestimmung des kapillaren (freien) Wassers eingewogen und weiterverarbeitet werden. (Bild Mitte).



Problem bei ungeschütztem Probenmaterial





Wird Probemmaterial offen ungeschützt liegen gelassen, beginnt umgehend ein Ablüfteprozess. Das Ausmass dieses Feuchteverlustes hängt von den Umgebungsbedingungen der Kontaktfläche sowie dem Feuchtigkeitsgehalt der Probe ab. Die obenstehende Grafik zeigt diesen Einfluss bei zwei 50g Proben, die unterschiedlich gelagert worden sind (siehe Bild unten).





GEEICHTE DRUCKFLASCHE

Vorschriften	Erfüllt die Druckgeräterichtlinie 97/23/EG
Genauigkeit	± 1% des Sollvolumens für die Umsetzung von 1 g Wasser zu 1 bar.
	(Version «longbo»: 0.55 bar)
Material	Rostfreier Stahl
Durchmesser	90 mm
Höhe	ca. 164 mm
Wandstärke	grösser 2 mm
Gewicht	ca. 1000 g
Verschlussart	Bügelverschluss
Besonderes	Oberflächenthermometer 6°C – 34°C



DIGITALE PROBENWAAGE

Kapazität	200 g
Teilung	0.05 g
Farbe	schwarz
Präzision	+/- 15mg gemäss Kalibriergewicht
Tarabereich	100% des Kapazität
Waagschale	Edelstahl
Automatische Abschaltung	nach 120 Sekunden
Benutzerkalibrierung	mit 100 g Kalibriergewicht M2
Stromversorgung	2 Alkalibatterien Typ AAA
Besonderes	Waage reagiert empfindlich auf elektromagnetische Strahlungen (Handy, Funk u.a.)

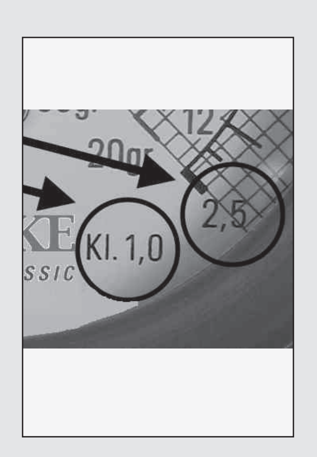
Weitere Angaben befinden sich in der separaten Anleitung.



MECHANISCHE PROBENWAAGE

Kapazität	100 g
Teilung	1.0 g
Farbe	Grün transparent
Präzision	± 0.3%
Tarabereich (Nullstellung)	15 - 20%
S (Skalenlänge)	100 mm
L0 (Länge unbelastet)	225 mm
Lm (Länge maximal)	330 mm
Ø (Durchmesser)	12.2 mm
Bauteile	korrosionsfrei (Klammer nur geschützt)
Netto Gewicht	20 g
Benutzer Kalibrierung	nein (nur durch Hersteller)





GENAUIGKEIT EINES MANOMETERS

Der typische Fehler eines Manometer berechnet sich als Produkt der beiden Grössen **„Genauigkeitsklasse"** und **„Skalenendwert"**. Am Beispiel des Manometer CLASSIC sei dies gezeigt (Bild links): Genauigkeitsklasse 1.0, Skalenendwert 2.5bar. Der für dieses Manometer zulässige Fehler ist 2.5 bar * 1 % = 25mbar.
Dieser Fehler gilt absolut für den gesamten Druckbereich und ist relativ gesehen bei einem niedrigeren Druck höher (bei (0.25bar: ± 10%) als bei einem hohen Druck (2.5 bar: ± 1%). Dies ist bei jeder Messwertbeurteilung zu beachten.



MECHANISCHES MANOMETER ECO

Messbereich	0 bis 1,6 bar
Anzeige (Teilung)	0.05 bar (50 mbar)
Überlastsicher bis	2,0 bar
Genauigkeit	± 1.6% typ. ± 25,6 mbar (absolut über den gesamten Druckbereich)
Betriebstemperatur	-10 bis 80 °C
Manometergehäuse	Stahlblech schwarz
Schutzart	IP32
Besonderes	G1/4 Deckel Edelstahl



MECHANISCHES MANOMETER CLASSIC

Messbereich	0 bis 2,5 bar
Anzeige (Teilung)	0.05 bar (50 mbar)
Überlastsicher bis	3,0 bar
Genauigkeit	± 1.0% typ. ± 25 mbar (absolut über den gesamten Druckbereich)
Betriebstemperatur	-10 bis 80 °C
Manometergehäuse	Stahlblech schwarz
Schutzart	IP32
Besonderes	Montage nach EN 837-2 Schutzkappe mit Gummi





DIGITALES MANOMETER BUSINESS

Messbereich	-1 bis 3,0 bar
Anzeige (Teilung)	0.01 bar (10 mbar)
Überlastsicher bis	3,5 bar
Genauigkeit	± 0.1% typ. ± 4 mbar (absolut über den gesamten Druckbereich)
Betriebstemperatur	0 bis 50 °C
Manometergehäuse	Robuster Kunststoff
Schutzart	IP 64
Besonderes	Montage nach EN 837-2
Datenausgang	RS232/TTL Protokolldrucker RS485 Messwerterfassung mit PC
Stromversorgung	Knopfzelle Typ 2032 3V

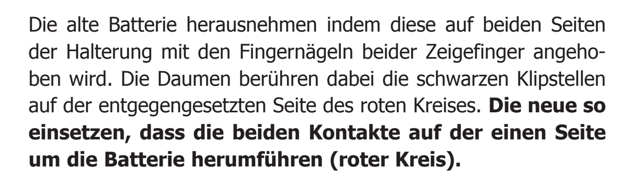


BATTERIEWECHSEL BEIM MANOMETER BUSINESS

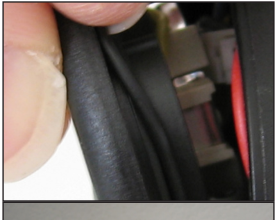
Geht die Batterie zuneige, wird dies in der Anzeige auf der linken Seite durch ein durchgestrichenes Batteriezeichen angezeigt. Wir empfehlen die Batterie dann bei der nächsten Gelegenheit auszutauschen.

Dazu müssen die Abdeckung der Schnittstelle abgeschraubt werden und die Gummischutzkappe entfernt werden.

Die Frontseite des Display kann von der Oberseite her abgenommen werden (am besten mit Hilfe einer Münze).



Die alte Batterie herausnehmen indem diese auf beiden Seiten der Halterung mit den Fingernägeln beider Zeigefinger angehoben wird. Die Daumen berühren dabei die schwarzen Klipstellen auf der entgegengesetzten Seite des roten Kreises. **Die neue so einsetzen, dass die beiden Kontakte auf der einen Seite um die Batterie herumführen (roter Kreis).**



Das Gerät in umgekehrter Reihenfolge wieder zusammensetzen und dabei achten, dass der Gummidichtring auf der oberen Kante des Frontteils zu liegen kommt, damit das Teil im geschlossenen Zustand dicht an das Manometergehäuse anliegt.

Grundsätzlich kann die Batterie während mehreren hundert Messungen genutzt werden. Der Stromverbrauch während der Messung ist sehr gering. Am meisten Strom werden beim Schicken von Datenpacketen an den Protokolldrucker gebraucht.







CARBIDAMPULLE NACH DIN 18560-4

Vorschriften	Sicherheitsdatenblatt gemäss 1907/2006/EG Artikel 31 (siehe: www.cpm-radtke.com)
Mögliche Gefahren	Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase
Erste Hilfemassnahmen	siehe Sicherheitsdatenblätter
Ampullendurchmesser	14 mm
Ampullenlänge	ca. 75 mm
Inhalt	Calciumcarbid techn. (80.0 % typ.)
Menge	**7.0 g (± 0.5 g)**
Körnung	**0.3/1 mm**
Haltbarkeit	unbegrenzt, solange dicht



KALIBRIERAMPULLE

Vorschriften	keine vorliegend
Ampullendurchmesser	10 mm
Ampullenhöhe	ca. 35 mm
Inhalt	destilliertes Wasser
Menge	1.00 g (typ. besser als± 1%)
Haltbarkeit	unbegrenzt, solange dicht



STOPPUHR/ TIMER

Messbereich	99:59 Minuten als Stoppuhr 99:59 Minuten als Timer
Anzeige (Teilung)	Minuten und Sekunden
Genauigkeit	typisch +/- 1 Sekunde
Betriebstemperatur	-10 bis 80 °C
Manometergehäuse	PE
Schutzart	IP32
Besonderes	Piepst während einer Minute. Zeigt danach die Timerzeit an. Klemme und Magnethalterung.
Stromversorgung	Batterie Typ AAA

CM MESSPROTOKOLL

FIRMA: ______________ **NAME PRÜFER:** ______________

______________ ______________



Gebäude/ Liegenschaft						
Bauabschnitt/ Bauteil						
Stockwerk/ Wohnung						
Estrichtyp	**CT**		**CA**		**CAF**	
	ANDERER:					
Zusatzmittel						
Fussbodenheizung	**JA**			NEIN		

DOKUMENTATION RAUMLUFT

Temperatur	**[°C]**	**[°C]**	**[°C]**
Feuchtigkeit	**[%rF]**	**[%rF]**	**[%rF]**

DOKUMENTATION BODEN

Messung Nr.:	**1**	**2**	**3**
Estrichdicke	**[mm]**	**[mm]**	**[mm]**
Temperatur	**[°C]**	**[°C]**	**[°C]**

VORPRÜFUNG

Verwendetes Prüfgerät			
Messwert Digits			

ERGEBNIS MATERIALKLIMA CCM HYGRO COMBI

Gleichgewichts-Feuchte	**[%rF]**	**[%rF]**	**[%rF]**
Gleichgewichts-temperatur	**[°C]**	**[°C]**	**[°C]**

ERGEBNIS CM-MESSUNG

Einwaage	**[g]**		**[g]**		**[g]**	
Druck	**[bar]**		**[bar]**		**[bar]**	
Wassergehalt	**[M-%]**		**[M-%]**		**[M-%]**	
Temperatur	**[°C]**		**[°C]**		**[°C]**	
Belegereife erreicht?						
	JA	**NEIN**	**JA**	**NEIN**	**JA**	**NEIN**
Datum/ Unterschrift Bauherr						
Bemerkungen: relevante Norm: DIN 18560-4: 2011-03						
Bemerkungen: relevante Norm: SIA 253/2002 incl. C1 2011						



SCHLUSSWORT

Die Angaben in der Gebrauchanweisung entsprechen dem heutigen Stand unserer Kenntnisse und sollen über unsere Produkte sowie deren Anwendungsmöglichkeiten informieren. Sie haben nicht die Bedeutung, bestimmte Eigenschaften der Produkte oder deren Eignung für einen konkreten Einsatzzweck zuzusichern. Etwa bestehende gewerbliche Schutzrechte sind zu berücksichtigen.
Wir arbeiten ständig an der Verbesserung unserer Produkte. Daher behalten wir uns das Recht vor, Änderungen und Verbesserungen an in dieser Gebrauchsanweisung beschriebenen Produkten ohne vorherige Ankündigung vorzunehmen.

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG

Anzuwendende EU Richtlinien:
Wir bestätigen, dass unsere Produkte gemäss den nachfolgenden Richtlinien hergestellt worden sind.

- 2002/95/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 27.01.2003 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten.
- 2002/96/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 27.01.2003 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte.
- der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACh-Verordnung) des europäischen Parlamentes und des Rates vom 18.12.2006.
- Fertigung der Druckflasche nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte.
- Montage des digitalen Manometers (für Geräteversion CCM Set ECO dig dig) nach DIN EN 837-2 Druckmessgeräte, Auswahl- und Einbauempfehlungen für Druckmessgeräte.
- **Carbidampullen erfüllen die Vorgaben nach DIN 18560-4 neueste Ausgabe «Estriche im Bauwesen» Teil 4 «Estriche auf Trennlage» Punkt 5.3, geeignet zur Beurteilung der Belegereife.**



LOGBUCH: VOR-ORT KALIBRIERUNG CM-GERÄT			
Firma:			
Strasse:			
PLZ/ Ort:			
Flaschen-Nr.			
Manometer-Nr.			
Der Sollwert des Prüfergebnisses muss zwischen 0.95 und 1.05 bar liegen (schwarze Skala).			
Prüf-Datum	**Druck [bar]**	**Temp. [°C]**	**Unterschrift**